

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-290496

(43)公開日 平成6年(1994)10月18日

(51)IntCl.<sup>5</sup>

G 1 1 B 11/10

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

A 9075-5D

Z 9075-5D

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 12 頁)

(21)出願番号

特願平5-77141

(22)出願日

平成5年(1993)4月2日

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 白鳥 力

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

(74)代理人 弁理士 若林 忠

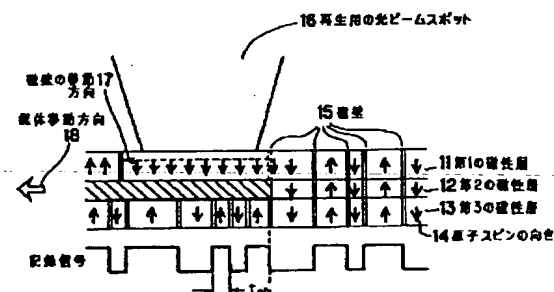
(54)【発明の名称】 光磁気記録媒体、再生方法および再生装置

(57)【要約】

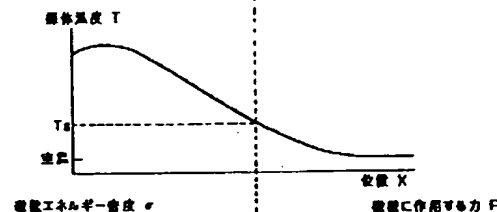
【構成】 第1の磁性層(11)、第2の磁性層(12)、第3の磁性層(13)が順次積層され、該第1の磁性層(11)は、第3の磁性層に比べて相対的に磁壁抗磁力が小さく磁壁移動度大きく、第2の磁性層(12)は該第1の磁性層および第3の磁性層よりもキュリー温度の低い光磁気記録媒体。更に第4の磁性層を第1と第2の間に設けてもよい。磁壁(15)は、加熱 $T_0$ により後方に移動する。

【効果】 再生信号振幅を低下させることなく光の回折限界以下の周期の信号が高速で再生可能となり、記録密度並びに転送速度を大幅に向上でき、再生装置の小型化も可能である。

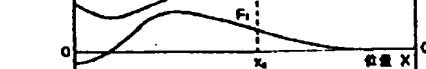
(a)



(b)



(c)



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも、第1、第2、第3の磁性層が順次積層されている光磁気記録媒体であって、該第1の磁性層は、周囲温度近傍の温度において該第3の磁性層に比べて相対的に磁壁抗磁力が小さく磁壁移動度大きな垂直磁化膜からなり、該第2の磁性層は、該第1の磁性層および第3の磁性層よりもキュリー温度の低い磁性層からなり、該第3の磁性層は垂直磁化膜であることを特徴とする光磁気記録媒体。

【請求項2】 第1の磁性層が、各情報トラック間で互いに磁氣的に分離されている請求項1記載の光磁気記録媒体。

【請求項3】 少なくとも、第1、第4、第2、第3の磁性層が順次積層されている光磁気記録媒体であって、該第1の磁性層は、周囲温度近傍の温度において該第3の磁性層に比べて相対的に磁壁抗磁力が小さな垂直磁化膜からなり、該第2の磁性層は、該第1の磁性層および第3の磁性層よりもキュリー温度の低い磁性層からなり、該第3の磁性層は垂直磁化膜であり、該第4の磁性層は、該第2の磁性層よりも高く、該第1の磁性層よりも低いキュリー温度を有し、かつ少なくとも該第2の磁性層のキュリー温度以上の温度において、該第3の磁性層に比べて相対的に磁壁抗磁力が小さな垂直磁化膜からなることを特徴とする光磁気記録媒体。

【請求項4】 第4の磁性層が、前記第2の磁性層に近づく程キュリー温度が低くなるように膜厚方向にキュリー温度の勾配を有する請求項3記載の光磁気記録媒体。

【請求項5】 第4の磁性層が、希土類-鉄族元素非晶質合金からなり、希土類元素副格子磁化優勢な組成である請求項3または4記載の光磁気記録媒体。

【請求項6】 第4の磁性層が、キュリー温度以下の温度に補償温度を有する請求項5記載の光磁気記録媒体。

【請求項7】 第1及び第4の磁性層が、各情報トラック間で互いに磁氣的に分離されている請求項3～6の何れか一つの項に記載の光磁気記録媒体。

【請求項8】 請求項1または2に記載の光磁気記録媒体から記録情報を再生する方法であって、光ビームを該媒体に対して相対的に移動させながら前記第1の磁性層の側から照射し、該媒体上に該光ビームのスポットの移動方向に対して勾配を有する温度分布を形成し、該温度分布を少なくとも前記第2の磁性層のキュリー温度よりも高い温度領域を有する温度分布とすることによって該第1の磁性層に形成されていた磁壁を移動させ、該光ビームの反射光の偏光面の変化を検出して記録情報を再生することを特徴とする再生方法。

【請求項9】 請求項3～7の何れか一つの項に記載の光磁気記録媒体から記録情報を再生する方法であって、光ビームを該媒体に対して相対的に移動させながら前記第1の磁性層の側から照射し、該媒体上に該光ビームのスポットの移動方向に対して勾配を有する温度分布を形

成し、該温度分布は少なくとも前記第2の磁性層のキュリー温度よりも高く且つ前記第4の磁性層のキュリー温度近傍の温度領域を有する温度分布とすることによって、該第1及び第4の磁性層に形成されていた磁壁を移動させ、該光ビームの反射光の偏光面の変化を検出して記録情報を再生することを特徴とする再生方法。

【請求項10】 請求項1～7の何れか一つの項に記載の光磁気記録媒体から記録情報を再生する再生装置であって、光ビームのスポットの移動方向に対して勾配を有する温度分布を形成できる加熱手段を有することを特徴とする再生装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、磁気光学効果を利用してレーザー光により情報の記録再生を行う光磁気記録媒体等に関し、更に詳しくは媒体の高密度記録化を可能とする光磁気記録媒体、再生方法および再生装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 書き換え可能な高密度記録方式として、半導体レーザーの熱エネルギーを用いて、磁性薄膜に磁区を書き込んで情報を記録し、磁気光学効果を用いて、この情報を読み出す光磁気記録媒体が注目されている。また、近年この光磁気記録媒体の記録密度を高めて更に大容量の記録媒体とする要求が高まっている。

【0003】 光磁気記録媒体等の光ディスクの線記録密度は、再生光学系のレーザー波長および対物レンズの開口数に大きく依存する。すなわち、再生光学系のレーザー波長 $\lambda$ と対物レンズの開口数NAが決まるとビームウェストの径が決まるため、信号再生時の空間周波数は $2NA/\lambda$ 程度が検出可能な限界となってしまう。

【0004】 したがって、従来の光ディスクで高密度化を実現するためには、再生光学系のレーザー波長を短くし、対物レンズの開口数NAを大きくする必要がある。しかしながら、レーザー波長や対物レンズの開口数の改善にも限度がある。このため、記録媒体の構成や読み取り方法を工夫し、記録密度を改善する技術が開発されている。

【0005】 例えば、特開平3-93058号においては、磁氣的に結合される再生層と記録保持層とを有してなる多層膜の、記録保持層に信号記録を行うとともに、再生層の磁化の向きを揃えた後、レーザー光を照射して加熱し、再生層の昇温領域に、記録保持層に記録された信号を転写しながら読み取る信号再生方法が提案されている。

【0006】 この方法によれば、再生用のレーザーのスポット径に対して、このレーザーによって加熱されて転写温度に達し信号が検出される領域は、より小さな領域に限定できるため、再生時の符号間干渉を減少させ、光の回折限界以下の周期の信号が再生可能となる。

## 【0007】

【発明が解決しようとしている課題】しかしながら、特開平3-93058号記載の光磁気再生方法では、再生用のレーザーのスポット径に対して、有効に使用される信号検出領域が小さくなるため、再生信号振幅が大幅に低下し、十分な再生出力が得られない欠点を有している。

【0008】また、再生層の磁化をレーザー光が照射する前に一方向に揃えなければならない。そのため、従来の装置に再生層の初期化用磁石を追加することが必要となる。このため前記再生方法は、光磁気記録装置が複雑化し、コストが高くなる、小型化が難しい等の問題点を有している。

【0009】本発明は、このような従来技術の課題を解決すべくなされたものである。すなわち本発明の目的は、再生信号振幅を低下させることなく光の回折限界以下の周期の信号が高速で再生可能となり、記録密度並びに転送速度を大幅に向上でき、再生装置の小型化も可能な光磁気記録媒体、再生方法および再生装置を提供することにある。

## 【0010】

【問題点を解決するための手段】上記目的は、以下の本発明により達成される。

【0011】本発明の第1の光磁気記録媒体は、少なくとも、第1、第2、第3の磁性層が順次積層されている光磁気記録媒体であって、該第1の磁性層は、周囲温度近傍の温度において該第3の磁性層に比べて相対的に磁壁抗磁力が小さく磁壁移動度大きな垂直磁化膜からなり、該第2の磁性層は、該第1の磁性層および第3の磁性層よりもキュリー温度の低い磁性層からなり、該第3の磁性層は垂直磁化膜であることを特徴とする光磁気記録媒体である。

【0012】本発明の第2の光磁気記録媒体は、少なくとも、第1、第4、第2、第3の磁性層が順次積層されている光磁気記録媒体であって、該第1の磁性層は、周囲温度近傍の温度において該第3の磁性層に比べて相対的に磁壁抗磁力が小さな垂直磁化膜からなり、該第2の磁性層は、該第1の磁性層および第3の磁性層よりもキュリー温度の低い磁性層からなり、該第3の磁性層は垂直磁化膜であり、該第4の磁性層は、該第2の磁性層よりも高く、該第1の磁性層よりも低いキュリー温度を有し、かつ少なくとも該第2の磁性層のキュリー温度以上の温度において、該第3の磁性層に比べて相対的に磁壁抗磁力が小さな垂直磁化膜からなることを特徴とする光磁気記録媒体である。

【0013】本発明の第1の再生方法は、本発明の第1の光磁気記録媒体から記録情報を再生する方法であって、光ビームを該媒体に対して相対的に移動させながら前記第1の磁性層の側から照射し、該媒体上に該光ビームのスポットの移動方向に対して勾配を有する温度分布

を形成し、該温度分布を少なくとも前記第2の磁性層のキュリー温度よりも高い温度領域を有する温度分布とすることによって該第1の磁性層に形成されていた磁壁を移動させ、該光ビームの反射光の偏光面の変化を検出して記録情報を再生することを特徴とする再生方法である。

【0014】本発明の第2の再生方法は、本発明の第2の光磁気記録媒体から記録情報を再生する方法であって、光ビームを該媒体に対して相対的に移動させながら前記第1の磁性層の側から照射し、該媒体上に該光ビームのスポットの移動方向に対して勾配を有する温度分布を形成し、該温度分布を少なくとも前記第2の磁性層のキュリー温度よりも高くし且つ前記第4の磁性層のキュリー温度近傍の温度領域を有する温度分布とすることによって、該第1及び第4の磁性層に形成されていた磁壁を移動させ、該光ビームの反射光の偏光面の変化を検出して記録情報を再生することを特徴とする再生方法である。

【0015】本発明の再生装置は、本発明の光磁気記録媒体から記録情報を再生する再生装置であって、光ビームのスポットの移動方向に対して勾配を有する温度分布を形成できる加熱手段を有することを特徴とする再生装置である。

## 【0016】

【作用】図1は、本発明の光磁気記録媒体およびその再生方法における作用を説明するため模式図である。

【0017】図1(a)は、本発明の光磁気記録媒体の模式的断面図である。この媒体の磁性層は、第1の磁性層11、第2の磁性層12、第3の磁性層13が順次積層されてなる。各層中の矢印14は原子スピンの向きを表している。スピンの向きが相互に逆向きの領域の境界部には磁壁15が形成されている。また、この記録層の記録信号も下側にグラフとして表わす。

【0018】図1(b)は、本発明の光磁気記録媒体に形成される温度分布を示すグラフである。この温度分布は、再生用に照射されている光ビーム自身によって媒体上に誘起されるものでもよいが、望ましくは別の加熱手段を併用して、再生用の光ビームのスポットの手前側から温度を上昇させ、スポットの後方に温度のピークが来るような温度分布を形成する。ここで位置 $x_0$ においては、媒体温度が第2の磁性層のキュリー温度近傍の温度 $T_2$ になっている。

【0019】図1(c)は、図1(b)の温度分布に対応する第1の磁性層の磁壁エネルギー密度 $\sigma_1$ の分布を示すグラフである。この様に $x$ 方向に磁壁エネルギー密度 $\sigma_1$ の勾配があると、位置 $x$ に存在する各層の磁壁に対して下記式から求められる力 $F_1$ が作用する。

## 【0020】

## 【数1】

$$力F = \frac{\partial \sigma}{\partial x}$$

この力 $F_1$ は、磁壁エネルギーの低い方に磁壁を移動させるように作用する。第1の磁性層は、磁壁抗磁力が小さく磁壁移動度が大きいので、単独では、この力 $F_1$ によって容易に磁壁が移動する。しかし、位置 $x_s$ より手前（図では右側）の領域では、まだ媒体温度が $T_s$ より低く、磁壁抗磁力の大きな第3の磁性層と交換結合しているために、第3の磁性層中の磁壁の位置に対応した位置に第1の磁性層中の磁壁も固定されている。

【0021】本発明においては、図1(a)に示す様に、磁壁15が媒体の位置 $x_s$ にあると、媒体温度が第2の磁性層のキュリー温度近傍の温度 $T_s$ まで上昇し、第1の磁性層と第3の磁性層との間の交換結合が切断される。この結果、第1の磁性層中の磁壁15は、破線矢印17で示した様に、より温度が高く磁壁エネルギー密度の小さな領域へと”瞬間的”に移動する。

【0022】再生用の光ビームのスポット16の下を磁壁15が通過すると、スポット内の第1の磁性層の原子スピンは全て一方向に揃う。そして、媒体の移動に伴って磁壁15が位置 $x_s$ に来る度に、スポットの下を磁壁15が瞬間的に移動しスポット内の原子スピンの向きが反転して全て一方向に揃う。この結果、図1(a)に示す様に、再生信号振幅は記録されている磁壁の間隔（即ち記録マーク長）によらず、常に一定かつ最大の振幅になり、光学的な回折限界に起因した波形干渉等の問題から完全に解放されるのである。

【0023】但し、磁壁の移動速度は無限大ではないから、スポットの下を磁壁が通過するのに要する時間 $\tau$ が、最短記録マーク長相当の距離を媒体が移動するのに要する時間 $t_{min}$ よりも長くないようにする必要がある（図2参照）。

【0024】図3は、上述の原理作用による本発明と、通常の従来法とを比較する模式図である。この図において(a1)～(a7)、および(b1)～(b7)は、記録マーク長の異なる磁区33が形成された情報トラック36上を、再生用スポット31が移動する状態を示す。また(a8)および(b8)は、得られる再生信号のグラフである。

【0025】従来の再生方法においては、再生用スポット31自体が情報トラック36上のひとつの磁区内に完全に入った状態(b2)でないと、再生信号の最大振幅が得られない(b8)。一方、本発明においては、再生用スポット31と温度プロファイルを同方向32に相対移動させ、再生用スポット31の直前部分が第2の磁性層の臨界温度 $T_s$ になる様にしている。したがって、再生用スポット31が磁壁34に差掛る直前において、磁壁34の部分の温度が臨界温度 $T_s$ となり、磁壁34が逆方向35に移動し、再生用スポット31が記録マーク内に完全に入った状態(a2)となり、瞬時に再生信号

の最大振幅が得られる(a8)。

【0026】また、従来の再生方法においては、磁区33がスポット径よりも狭い場合には、再生用スポット31全体が磁区内に納まらず(b3～b7)、得られる再生信号も不明瞭となる(b8)。一方、本発明においては、再生用スポット31が記録マークの磁壁にほぼ差掛った段階で、磁壁が逆方向後方に逐次移動するので(a3～a7)、極めて明瞭な再生信号が得られる(a8)。

【0027】以上、第1の磁性層～第3の磁性層を有する本発明の光磁気記録媒体について説明したが、本発明においては、図4に示す様に、第4の磁性層44を第1の磁性層41と第2の磁性層42との間に設けてもよい。この第4の磁性層44は、第2の磁性層よりも高く、該第1の磁性層よりも低いキュリー温度を有し、かつ少なくとも該第2の磁性層のキュリー温度以上の温度において、該第3の磁性層に比べて相対的に磁壁抗磁力が小さな垂直磁化膜からなるものである。この第4の磁性層は、更に第1の磁性層中の磁壁を移動させるのに十分な力を誘発するためのものである。

【0028】図4(a)(b)に示す様に、この第4の磁性層を有する光磁気記録媒体においても同様に、位置 $x_s$ で第2の磁性層のキュリー温度近傍の温度 $T_s$ とすることによって、第4の磁性層と第3の磁性層との間の交換結合を切断し、第1及び第4の磁性層中の磁壁を移動できる。

【0029】図4(c)は、上述の温度分布に対応した第1の磁性層の磁壁エネルギー密度 $\sigma_1$ および第4の磁性層の磁壁エネルギー密度 $\sigma_4$ の分布を示すグラフである。この様にx方向に磁壁エネルギー密度 $\sigma_1$ の勾配があると、先に説明したと同様に位置xに存在する各層の磁壁に対して力 $F_i$ が作用し、この力 $F_i$ は、磁壁エネルギーの低い方に磁壁を移動させるのである。

【0030】一方、記録を高速で読み出すためには、磁壁を高速で移動させる必要がある。そのために、磁壁に大きな力を作用させる必要がある。一般に、磁壁エネルギー密度の温度依存性は、キュリー温度に近づく程大きくなる。従って、キュリー温度近傍の温度範囲で温度勾配を与えた方が、x方向の磁壁エネルギー密度の勾配を大きくすることができ、磁壁に大きな力を作用させることができる。しかし、第1の磁性層からの反射光の偏光面の変化を検出するためには、再生用の光ビームのスポットの照射領域においては、第1の磁性層のキュリー温度よりも十分に低い温度になっている必要がある。

【0031】ここで図4に示した様に、よりキュリー温度の低い第4の磁性層44を、第1の磁性層の光ビームの入射側と反対側に隣接して設ければ、再生用の光ビームのスポットの照射領域において、第1の磁性層のキュリー温度よりは充分低く、かつ第4の磁性層のキュリー温度近傍の温度範囲で温度勾配を与えることができる。

この結果、第4の磁性層中の磁壁に大きな力が作用し、第1の磁性層中の磁壁にも、第4の磁性層との交換相互作用による力が付加されて、大きな力が作用するのである。

【0032】また更に、第4の磁性層に、第2の磁性層に近づく程キュリー温度が低くなるような膜厚方向のキュリー温度の勾配をつければ、x方向の温度勾配に伴って、x方向に順次キュリー温度直下の第4の磁性層の構成部を形成できるので、磁壁を移動させる必要のあるx方向の範囲全般に渡って、比較的大きな力を作用させることが可能になる。

【0033】

【実施例】以下、本発明を適用した実施例について図面を参照しながら説明する。

【0034】図5は、本発明の光磁気記録媒体の層構成の一実施態様を示す模式的断面図である。この態様においては、透明基板56上に、誘電体層55、第1の磁性層51、第2の磁性層52、第3の磁性層53、誘電体層54が順次積層されている。

【0035】透明基板56としては、例えば、ポリカーボネート、ガラス等を用いることができる。誘電体層55としては、例えば、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{AlN}$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{SiO}$ 、 $\text{ZnS}$ 、 $\text{MgF}_2$ などの透明誘電材料が使用できる。最後に保護膜として再び形成される誘電体層54も同様のものを用いることができる。これら各層は、例えばマグネトロンスパッタ装置による連続スパッタリング、または連続蒸着等によって被着形成できる。特に各磁性層は、真空を破ることなく連続成膜されることで、互いに交換結合をしている。

【0036】また、この構成に、更にAl、AlTa、AlTi、AlCr、Cuなどからなる金属層を付加して、熱的な特性を調整してもよい。また、高分子樹脂からなる保護コートが付与してもよい。あるいは、成膜後の基板を貼り合わせてもよい。

【0037】上記媒体において、各磁性層51～53は、種々の磁性材料によって構成することが考えられるが、例えば、Pr、Nd、Sm、Gd、Tb、Dy、Hoなどの希土類金属元素の一種類あるいは二種類以上が10～40at%と、Fe、Co、Niなどの鉄族元素の一種類あるいは二種類以上が90～60at%とで構成される希土類-鉄族非晶質合金によって構成し得る。また、耐食性向上などのために、これにCr、Mn、Cu、Ti、Al、Si、Pt、Inなどの元素を少量添加してもよい。

【0038】重希土類-鉄族非晶質合金の場合、飽和磁化は、希土類元素と鉄族元素との組成比により制御することが可能である。また、キュリー温度も、組成比により制御することが可能であるが、飽和磁化と独立に制御するためには、鉄族元素として、Feの一部をCoで置き換えた材料を用い、置換量を制御する方法がより好ま

しく利用できる。即ち、Fe 1at%をCoで置換することにより、6℃程度のキュリー温度上昇が見込めるので、この関係を用いて所望のキュリー温度となるようにCoの添加量を調整する。また、Cr、Tiなどの非磁性元素を微量添加することにより、逆にキュリー温度を低下させることも可能である。あるいはまた、二種類以上の希土類元素を用いてそれらの組成比を調整することでもキュリー温度を制御できる。

【0039】この他に、ガーネット、白金族-鉄族周期構造膜、もしくは白金族-鉄族合金などの材料も使用可能である。

【0040】第1の磁性層としては、例えば、 $\text{GdCo}$ 、 $\text{GdFeCo}$ 、 $\text{GdFe}$ 、 $\text{NdGdFeCo}$ などの垂直磁気異方性の小さな希土類-鉄族非晶質合金や、ガーネット等のバブルメモリ用材料が望ましい。

【0041】第3の磁性層としては、例えば、 $\text{TbFeCo}$ 、 $\text{DyFeCo}$ 、 $\text{TbDyFeCo}$ などの希土類-鉄族非晶質合金や、Pt/Co、Pd/Coなどの白金族-鉄族周期構造膜など、垂直磁気異方性が大きく安定に磁化状態が保持できるものが望ましい。

【0042】本発明の光磁気記録媒体へのデータ信号の記録は、媒体を移動させながら、第3の磁性層がキュリー温度以上になるようなパワーのレーザー光を照射しながら外部磁界を変調して行うか、もしくは、一定方向の磁界を印加しながらレーザーパワーを変調して行う。後者の場合、光スポット内の所定領域のみが第3の磁性層のキュリー温度近傍になる様にレーザー光の強度を調整すれば、光スポットの径以下の記録磁区が形成でき、その結果、光の回折限界以下の周期の信号を記録できる。

【0043】更に、第4の磁性層を設けた媒体の構成を図6に示す。この態様においては、透明基板66上に、誘電体層65、第1の磁性層61、第4の磁性層64、第2の磁性層62、第3の磁性層63、誘電体層64が順次積層されている。各層の材料、製造法等に関しては、図5について述べたものと同様である。

【0044】以下に具体的な実施例をもって本発明を更に詳細に説明するが、本発明はその要旨を越えない限り以下の実施例に限定されるものではない。

【0045】まず、図5に示した様な第1～第3の磁性層を有する光磁気記録媒体の実施例を以下に挙げる。

【0046】＜実施例1＞直流マグネトロンスパッタリング装置に、BドープしたSi、及びGd、Dy、Tb、Fe、Coの各ターゲットを取り付け、トラッキング用の案内溝の形成されたポリカーボネイト基板を基板ホルダーに固定した後、 $1 \times 10^{-5} \text{ Pa}$ 以下の高真空中になるまでチャンバー内をクライオポンプで真空排気した。真空排気をしたままArガスを0.3Paとなるまでチャンバー内に導入し、基板を回転させながら、干渉層であるSiN層を800オングストローム成膜した。引き続き、第1の磁性層としてGdCo層を300オン

グストローム、第2の磁性層としてDyFe層を100オングストローム、第3の磁性層としてTbFeCo層を400オングストローム順次成膜した。最後に、保護層としてSiN層を800オングストローム成膜した。SiN層成膜時にはArガスに加えてN<sub>2</sub>ガスを導入し、直流反応性スパッタにより成膜した。各磁性層は、Gd、Dy、Tb、Fe、Coの各ターゲットに直流パワーを印加して成膜した。

【0047】各磁性層の組成は、全て補償組成近傍になるように調整し、キュリー温度は、第1の磁性層が300℃以上、第2の磁性層が70℃、第3の磁性層が200℃程度となるように設定した。

【0048】この媒体は、図7(a)に断面形状で示した様に、基板71上に、誘電体層72、磁性層73、誘電体層74が積層され、基板71の案内溝を深さ1000オングストロームの矩形に形成してある。このため、ランド76上に積層された磁性層72は、案内溝75の部分ではほぼ分離されている。なお実際には、段差部にも多少膜が堆積して磁性層が繋がってしまうが、他の部分と比較して膜厚が非常に薄くなるので、段差部での結合は無視できる。本発明において、各情報トラック間で互いに磁気的に分離されるとは、この様な状態も含まれる。このランド76上に幅いっぱい反転磁区を形成すると、図7(b)に示す様に、ランド76上の磁区の境界部に、閉じていない磁壁77が形成される。このような磁壁77は、トラック方向に移動させても、トラック側部の磁壁77の生成・消滅を伴わないので、容易に移動させることができる。

【0049】この様にして得た光磁気記録媒体について、記録再生特性を測定した。

【0050】測定に用いた記録再生装置には、図8に示すように、一般的な光磁気ディスク記録再生装置の光学系に、加熱用のレーザーが付加されている。81は、記録再生用のレーザー光源で、波長は780nmで、記録媒体に対してP偏向が入射する様に配置されている。82は、加熱用のレーザー光源で、波長は1.3μmで、同じく記録媒体に対してP偏向が入射する様に配置されている。83は、780nm光を100%透過し、1.3μm光を100%反射するように設計されたダイクロイックミラーである。84は、偏向ビームスプリッタで、780nm光、1.3μm光、各々のP偏向は70~80%透過し、S偏向は100%反射するよう設計されている。1.3μm光の光束径は、対物レンズ85の開口径よりも小さくなるようにしてあり、全開口部を通過して集光される780nm光に比べて、NAが小さくなるようにしてある。また、87は、1.3μm光が、信号検出系に漏れ込まないようにするために設けるもので、780nm光を100%透過し、1.3μm光を100%反射するように設計されたダイクロイックミラーである。

【0051】この光学系により、記録媒体86の記録面上に、図9(a)に示すように、案内溝94間のランド95上において、記録再生用のスポット91と、加熱用のスポット92とを結像させることができる。加熱用のスポット92は、波長が長くNAが小さいので、記録再生用のスポット91よりも径が大きくなる。これにより、移動している媒体の記録面上の記録再生用のスポット91の領域に、図9(b)に示してあるような所望の温度勾配を容易に形成することができる。ここで温度T<sub>s</sub>の等温線96も図示する。記録再生は媒体を線速5m/secで駆動して行なった。

【0052】まず、記録再生用レーザーを8mWでDC照射しながら磁界を±150 Oeで変調することにより、第3の磁性層のキュリー温度以上に加熱した後の冷却過程で、磁界の変調に対応した上向き磁化と下向き磁化との繰り返しパターンを形成した。尚、この時、加熱用のレーザーを合わせて照射して、記録再生用レーザーの記録パワーを低減させることも可能である。

【0053】記録磁界の変調周波数は1~10MHzまで変化させ、2.5~0.25μmの範囲のマーク長のパターンを記録した。

【0054】再生時の記録再生用のレーザーのパワーは1mWとし、加熱用のレーザーを20mWのパワーで同時に照射しながら、各マーク長のパターンについてC/Nを測定した。この時の媒体面上の温度分布は図9(b)に示すとおりである。

【0055】この測定結果を図10のグラフ線aに示す。また比較のため同図中の特開平3-93058号に記載の従来の超解像再生方法による測定結果をグラフ線bとして示し、超解像現象の起こらない通常の再生方法による測定結果をグラフ線cとして示す。

【0056】本発明の再生方法によると、マーク長が短くなっても再生用のスポット内の全磁化の反転が検出されるので、光の回折限界以下の周期の信号が再生可能となるのみならず、C/Nのマーク長依存性がほとんどなくなる。

【0057】尚、本実施例の媒体において、第1の磁性層の磁壁が、温度勾配によって移動する様子は、以下に述べるように、偏光顕微鏡による直接観察で確認された。

【0058】まず、実施例1と同様の構成で、磁性層の積層順を逆にしたサンプルを作製した。このサンプルに実施例1と同様の記録方法により、磁区パターンを形成した。これを膜面側、即ち第1の磁性層側から偏光顕微鏡で観察した。

【0059】次に、このサンプルに加熱用の集光レーザーを照射して、偏光顕微鏡の視野内で、実施例1と同様の温度分布を形成した。

【0060】この状態で、サンプルに500 Oe程度の磁界を印加した。この結果、温度分布に対応した円

形の領域のみが、外部磁界の方向に配向するのが観察された。これは、この領域において、第1の磁性層と第3の磁性層との間の交換結合が切断されていることを意味している。

【0061】次に、磁界の印加を停止して、トラック方向にサンプルをゆっくりと移動させた。すると、トラック上に形成されている磁区の境界部が上述の円形の結合切断領域に入る度に、移動してきた磁区が円形領域の中心方向に向かって拡大するのが観察された。

【0062】加熱用のレーザーの照射を停止すると、第3の磁性層に保存されていた磁区パターンが第1の磁性層に転写されるのが観察された。

【0063】以上より、第3の磁性層との結合が切断された領域において、第1の磁性層の磁壁が、温度勾配によって高温側へ移動することが確認された。

【0064】＜実施例2＞実施例1と同様の成膜機、成膜方法で、同様にポリカーボネイト基板上に薄膜を成膜して光磁気記録媒体を作成した。但し、本実施例においては、以下の三点を変更した。

【0065】第一に、成膜前の基板表面にArイオンの加速照射処理を加えたこと、第二に、干渉層であるSiN層を成膜した後の膜表面にArイオンの加速照射処理を加えたことである。これらの処理により、表面状態を平滑化した。更に、第三に、第1の磁性層の膜厚を2000オングストロームに変更したことである。これらの変更点は、それぞれ独立に、第1の磁性層の磁壁移動度の向上に寄与する。

【0066】この媒体の記録再生特性を実施例1と同様の方法で測定したところ、実施例1と同様の良好な結果が得られた。更に、再生時の媒体の線速度を20m/sまで高速化して再生しても、再生特性は低下しなかった。

【0067】＜実施例3＞実施例1と同様の成膜機、成膜方法で、同様にポリカーボネイト基板上に薄膜を成膜して光磁気記録媒体を作製した。

【0068】但し、本実施例においては、基板として、プレビットが形成されており、案内溝の断面形状がU型になっているものを用いた。このため、積層した磁性層は、案内溝の部分で形状的に分断されていない。

【0069】この媒体の、案内溝の部分に高出力のレーザーを照射し、案内溝の部分の磁性層を全面にアニールした。この結果、案内溝の部分の磁性層が変質して面内膜になり、案内溝を介して、互いに隣接するトラックの磁性層の間の結合が分断された。この媒体の記録再生特性を実施例1と同様の方法で測定したところ、実施例1と同様の良好な結果が得られた。

【0070】また、上述のアニール処理を施さずに、上記の媒体の記録再生特性を実施例1と同様の方法で測定したところ、実施例1の結果に比べてノイズが上昇したが、光の回折限界以下の周期の信号の再生は、十分可能

であった。この媒体では、閉じた磁壁で囲まれた磁区が存在するので、この磁区を拡大させる方向に磁壁を移動させる時に動作が不安定になりノイズが上昇した。

【0071】なお、隣接するトラックの磁性層との間の結合を分断する別の方法として、エッチング処理によるバターンニングを行ってもよい。

【0072】＜実施例4＞実施例1の媒体を用いて、実施例1とほぼ同様の記録再生装置で記録再生特性を評価した。

【0073】但し、記録再生用のスポットと、加熱用のスポットとの位置関係を図11のように変更した。即ち、加熱用レーザーによって誘起される温度分布の、媒体の移動方向に対して前方の斜面に、記録再生用のスポットが配置されるようにした。

【0074】媒体が移動して、図中Sで示した位置を通過すると、第1の磁性層と第3の磁性層とが再び結合して、第1の磁性層に第3の磁性層の磁化配向状態が転写される。第3の磁性層の磁壁がSで示した位置を通過すると、第1の磁性層のSで示した位置に磁壁が残され、この磁壁が瞬間的に後方に移動する。記録再生用のスポットを、上述のように配置しておくと、この時の磁壁の移動が検出される。

【0075】この配置にすると、Sで示した臨界温度 $T_c$ の等温線の形状と、磁界変調方式で形成された磁区の磁壁の形状とがほぼ整合するので、磁壁の移動がより安定に行われるようになる。

【0076】＜比較例1＞実施例1の媒体を用いて、加熱用のレーザーが付加されていない通常の光磁気ディスク記録再生装置によって、記録再生特性を測定した。

【0077】加熱用のレーザーが照射されていない他は、実施例1と同様の方法で再生特性を調べたところ、再生パワーを3mW程度まで増大させることにより、良好なC/Nが得られた。但し、実施例1の結果と比較すると、各マーク長において、5dB程度C/Nが低かった。これは、再生用スポットの前部においては媒体の温度が上昇しないので、再生用スポットの途中から磁壁の移動が起り、実施例1のように、スポット全域を有効に使用できないためである。

【0078】次に、図6に示した様な第1～第4の磁性層を有する光磁気記録媒体の実施例を以下に挙げる。

【0079】＜実施例5＞直流マグネトロンスパッタリング装置に、BドープしたSi、及びGd、Tb、Fe、Co、Crの各ターゲットを取り付け、トラッキング用の案内溝の形成されたポリカーボネイト基板を基板ホルダーに固定した後、 $1 \times 10^{-5}$ Pa以下の高真空になるまでチャンバー内をクライオポンプで真空排気した。

【0080】真空排気をしたままArガスを0.3Paとなるまでチャンバー内に導入し、基板を回転させながら、干渉層であるSiN層を800オングストローム成

膜した。引き続き、第1の磁性層としてGdCoCr層を300オングストローム、第4の磁性層としてGdFeCr層を300オングストローム、第2の磁性層としてTbFeCr層を100オングストローム、第3の磁性層としてTbFeCo層を400オングストローム順次成膜した。最後に、保護層としてSiN層を800オングストローム成膜した。SiN層成膜時にはArガスに加えてN<sub>2</sub>ガスを導入し、直流反応性スパッタにより成膜した。各磁性層は、Gd、Tb、Fe、Co、Crの各ターゲットに直流パワーを印加して成膜した。

【0081】各磁性層の組成は、全て補償組成近傍になるように調整し、キュリー温度は、第1の磁性層が300℃以上、第4の磁性層が170℃、第2の磁性層が70℃、第3の磁性層が200℃程度となるように設定した。この媒体は、実施例1と同様に、図7に示した様な断面形状を有する。

【0082】この様にして得た光磁気記録媒体について、実施例1と同様にして記録再生特性を測定した。ただし、記録時のDC照射レーザーパワーは10mWとし、再生時の加熱用レーザーパワーは25mWとした。この測定結果は、実施例1と同様に、図10のグラフ線aの良好な結果が得られた。

【0083】また更に、再生時の媒体の線速度を20m/secまで高速化して再生しても再生特性は低下しなかった。

【0084】尚、第1の磁性層の磁壁が、温度勾配によって移動する様子は、実施例1と同様に偏光顕微鏡による直接観察で確認された。

【0085】＜実施例6＞実施例5と同様の成膜機、成膜方法で、同様にポリカーボネイト基板上に薄膜を成膜して光磁気記録媒体を作成した。

【0086】但し、本実施例においては、第4の磁性層内を、第1の磁性層の側から順に、第1、第2、及び第3の構成層で形成し、各構成層のキュリー温度を順に、180℃、160℃、140℃とし、膜厚を順に、200オングストローム、400オングストローム、800オングストロームとして、第4の磁性層中で、膜厚方向に段階的なキュリー温度の勾配を持つようにした。材料としては、GdFeCoCrを用いた。

【0087】また、第1の磁性層は、キュリー温度300℃のGdFeCoCr層を200オングストローム、第2の磁性層は、キュリー温度120℃のTbFeCoCr層を200オングストローム、第3の磁性層は、キュリー温度200℃のTbFeCoCr層を600オングストロームとした。

【0088】各磁性層の組成は、補償組成近傍になるように、希土類元素と鉄族元素の組成比を調整し、Co及びCrの添加量を調整して、キュリー温度を上記のように設定した。

【0089】この媒体の記録再生特性を実施例5と同様

の方法で測定したところ、実施例5と同様の良好な結果が得られた。更に、再生時の媒体の線速度を30m/secまで高速化して再生しても、再生特性は低下しなかった。

【0090】本実施例においては、再生時に、媒体の記録面上の記録再生用のスポットの領域に、120℃から180℃程度のトラック方向の温度勾配を形成した。この場合、120℃から140℃の領域では、第4の磁性層の第3の構成層の磁壁に大きな力が作用し、140℃から160℃の領域では、第4の磁性層の第2の構成層の磁壁に大きな力が作用し、160℃から180℃の領域では、第4の磁性層の第1の構成層の磁壁に大きな力が作用する。このため、記録再生用のスポットの領域全域に渡って、第1の磁性層から第4の磁性層にかけて存在している磁壁を、比較的大きな力で移動させることができ、本発明の再生動作を、より安定に、また高速に行なうことができるようになった。

【0091】＜実施例7＞実施例5と同様の成膜機、成膜方法で、同様にポリカーボネイト基板上に薄膜を成膜して光磁気記録媒体を作成した。

【0092】但し、本実施例においては、基板として、プレビットが形成されており、案内溝の断面形状がU型になっているものを用いた。このため、積層した磁性層は、案内溝の部分で形状的に分断されていない。

【0093】磁性層その他の構成は、第4の磁性層の組成比を次に述べるように変化させた他は、実施例5と同様にした。

【0094】第4の磁性層は、GdFeCrのGdの組成比を調整して、室温において鉄族元素副格子磁化優勢な組成にしたサンプル(1)と、室温において希土類元素副格子磁化優勢で、キュリー温度以下の温度に補償温度が存在する組成にしたサンプル(2)と、室温において希土類元素副格子磁化優勢で、キュリー温度以下の温度に補償温度が存在しない組成にしたサンプル(3)とを作製した。各サンプルのキュリー温度は、Cr添加量を調整して、全て170℃に合わせた。

【0095】これらのサンプルの、案内溝の部分に高出力のレーザーを照射し、案内溝の部分の磁性層を全面アニールした。この結果、案内溝の部分の磁性層が磁気的に変質し、案内溝を介して互いに隣接するトラックの磁性層の間の結合が分断された。

【0096】次に、記録再生特性を実施例5と同様の方法で測定したところ、線速5m/secにおいて、各サンプルとも実施例5と同様の良好な結果が得られた。

【0097】しかし、線速を30m/secまで高速化して再生すると、サンプル(1)では、C/Nが5dB程度低下した。これに対し、サンプル(2)では、C/Nの低下はほとんど見られず、また、サンプル(3)では、2dB程度しか低下しなかった。

【0098】これは、室温において、希土類元素副格子



磁化優勢な組成のもの、中でもキュリー温度以下に補償温度を有する組成のものの方が、キュリー温度近傍における、磁壁エネルギーの温度依存性が大きく、温度勾配によって、より大きな力を磁壁に作用させることができるためであると考えられる。

【0099】以上挙げた実施例に本発明は限定されるものでない。他の実施可能な例として、光ヘッドは従来のままにして、媒体上の温度分布を別の手段でつい調整する方法も考えられる。例えば、磁界変調記録に用いる浮上ヘッドのコアを熱源として流用したり、その他適当な発熱体を媒体の再生用レーザー照射領域の近くに配置することが考えられる。但し、この場合、磁壁の移動開始位置となる温度の位置と、再生用スポットとの位置関係が再生信号の周波数に近い周波数で変動することがないように注意する必要がある。

【0100】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明の光磁気記録媒体、再生方法、および再生装置によれば、再生信号振幅を低下させることなく光の回折限界以下の周期の信号が高速で再生可能となり、記録密度並びに転送速度を大幅に向上でき、再生装置の小型化も可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1～第3の磁性層を有する光磁気記録媒体を使用した場合の本発明の再生方法の概念を模式的に示した図である。(a)は、再生状態における媒体の断面を示し、各磁性層のスビンの配向状態を模式的に示している。(b)は、(a)に示されている位置における媒体上の温度分布を示している。(c)は、同様の位置における磁壁エネルギー密度の分布及びそれに伴って磁壁に作用する力の分布を模式的に示している。

【図2】スポットの下を磁壁が通過するのに要する時間 $\tau$ と、最短記録マーク長相当の距離を媒体が移動するのに要する時間 $t_{\text{min}}$ との関係を示すグラフである。

【図3】本発明の方法と通常の従来法とを比較する模式図である。

【図4】第1～第4の磁性層を有する光磁気記録媒体を使用した場合の本発明の再生方法本発明の再生方法の概念を模式的に示した図である。

【図5】本発明の光磁気記録媒体の層構成の一実施態様を示す模式的断面図である。

【図6】本発明の光磁気記録媒体の層構成の一実施態様を示す模式的断面図である。

【図7】実施例における光磁気記録媒体の断面形状を示す図である。

【図8】実施例において用いた記録再生装置を示す模式図である。

【図9】実施例における再生状態を示す模式図である。

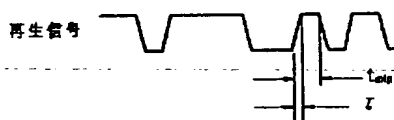
【図10】実施例において得られたC/Nを示すグラフである。

【図11】実施例における再生状態を示す模式図である。

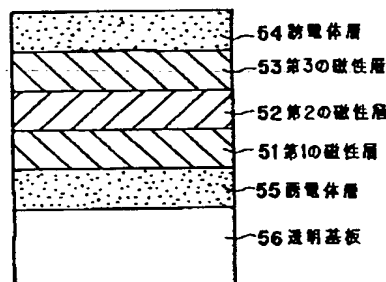
【符号の説明】

- 11 第1の磁性層
- 12 第2の磁性層
- 13 第3の磁性層
- 14 原子スビンの向き
- 15 磁壁
- 16 再生用の光ビームスポット
- 17 磁壁の移動方向
- 18 媒体の移動方向

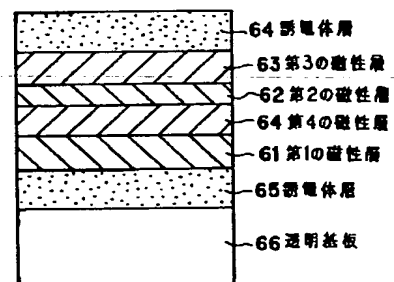
【図2】



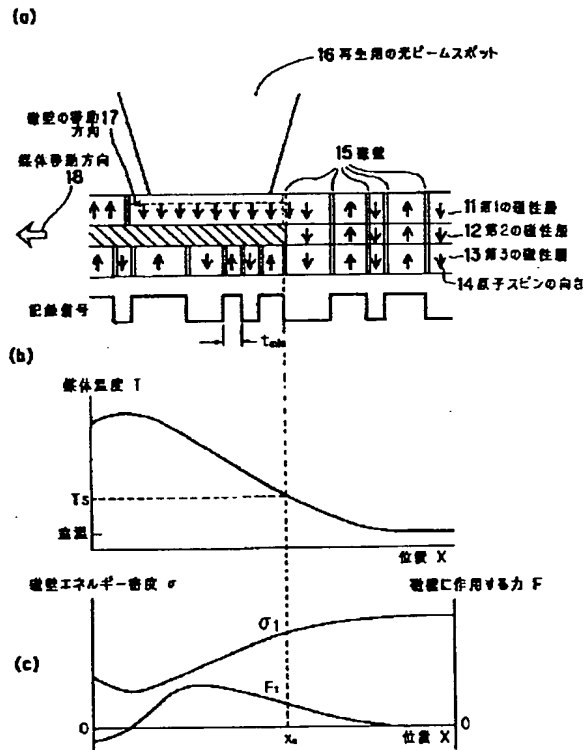
【図5】



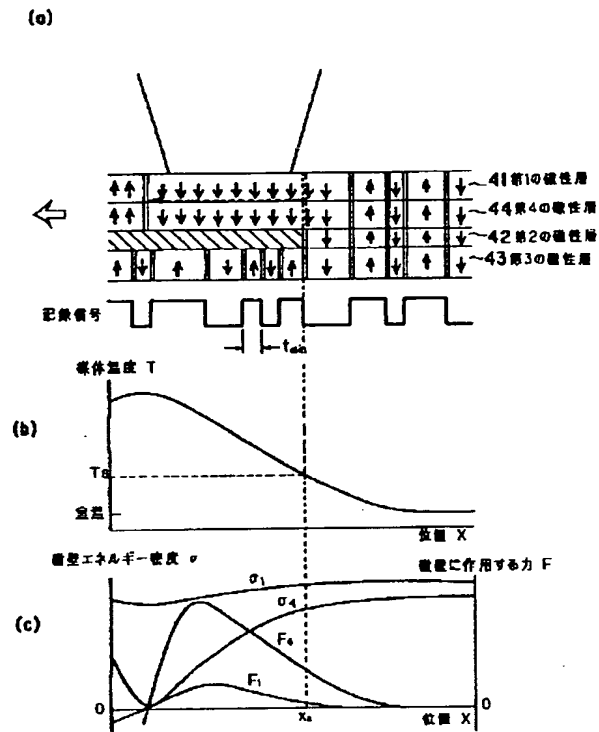
【図6】



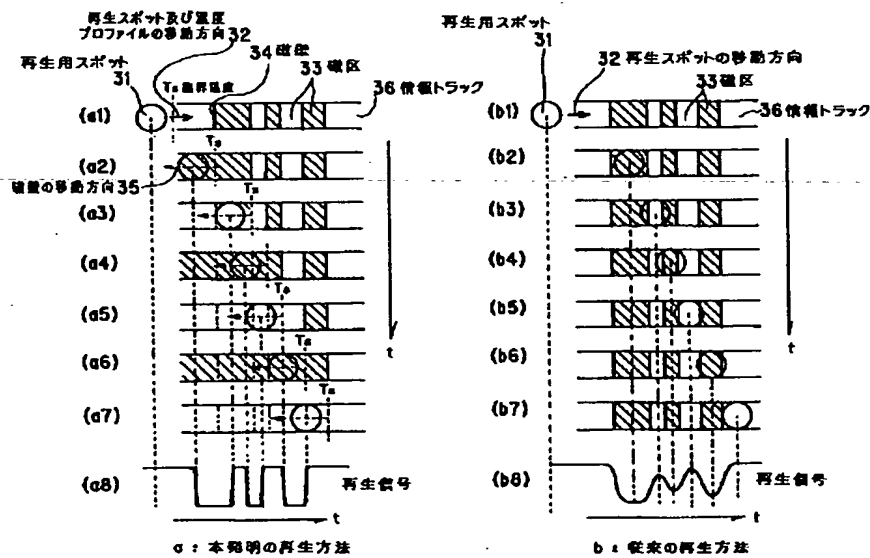
【図1】



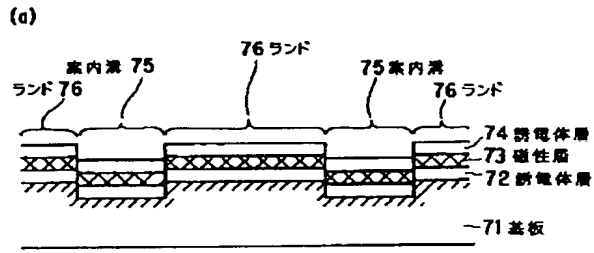
【図4】



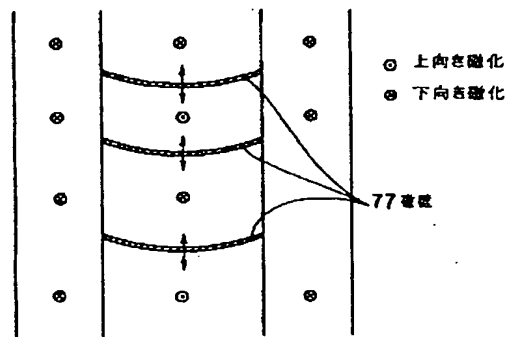
【図3】



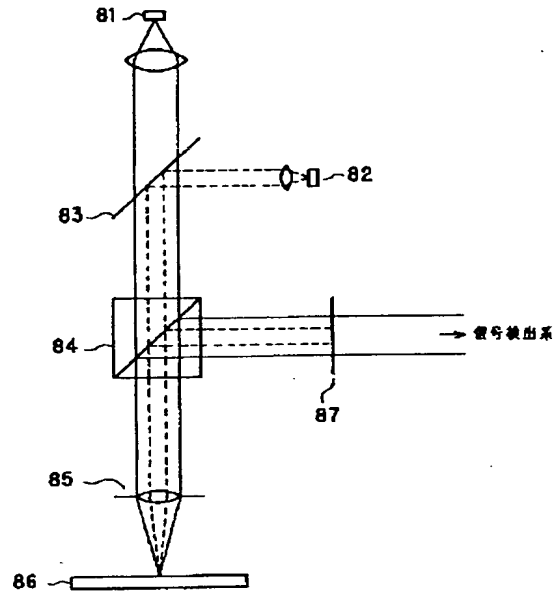
【図7】



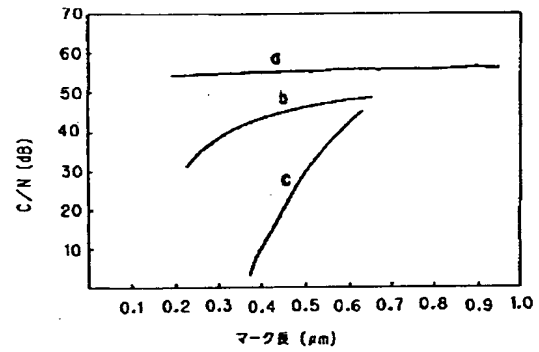
(b)



【図8】

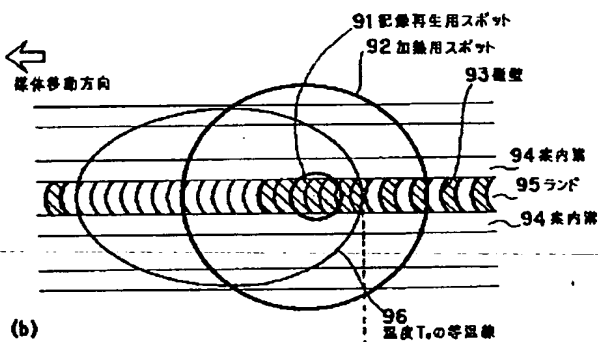


【図10】

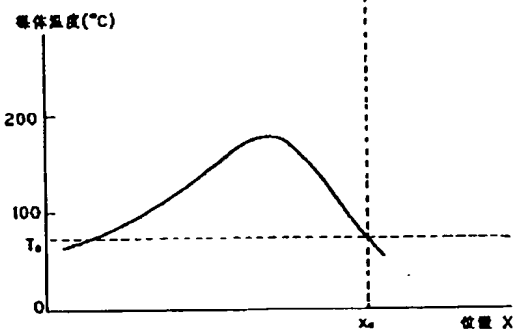


【図9】

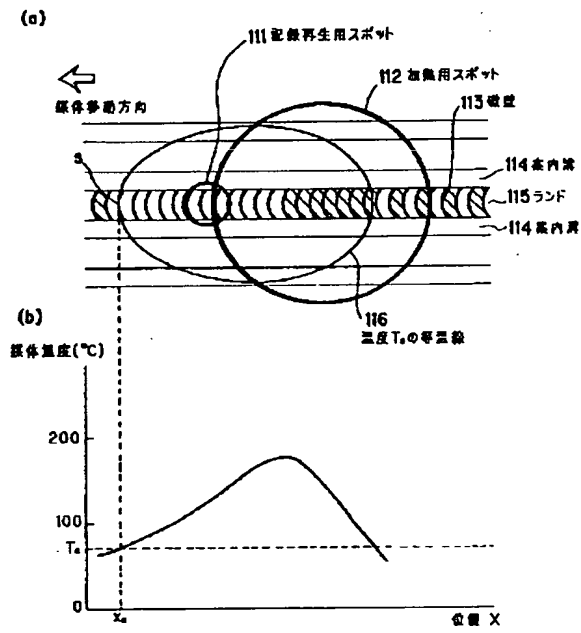
(a)



(b)



【図 1 1】



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載  
 【部門区分】第6部門第4区分  
 【発行日】平成13年3月16日(2001.3.16)

【公開番号】特開平6-290496  
 【公開日】平成6年10月18日(1994.10.18)  
 【年通号数】公開特許公報6-2905  
 【出願番号】特願平5-77141  
 【国際特許分類第7版】  
 G11B 11/10

【FI】  
 G11B 11/10 A  
 Z

【手続補正書】  
 【提出日】平成12年4月3日(2000.4.3)  
 【手続補正1】  
 【補正対象書類名】明細書  
 【補正対象項目名】特許請求の範囲  
 【補正方法】変更  
 【補正内容】  
 【特許請求の範囲】  
 【請求項1】 磁壁を移動させることにより情報を再生する光磁気記録媒体において、磁性層が記録トラック間で磁気的に分断されていることを特徴とする光磁気記録媒体。  
 【請求項2】 前記磁壁の移動は、情報トラックに沿って一方向に移動する請求項1記載の光磁気記録媒体。  
 【請求項3】 前記磁壁の移動は、前記媒体上に所定の温度分布が形成されたとき誘発される請求項1記載の光磁気記録媒体。  
 【請求項4】 少なくとも、情報の再生に寄与する再生層と、情報を蓄積する記録層と、前記再生層と記録層の間に配置され、前記両層よりキュリー温度が低い中間層とを備え、前記再生層は各情報トラック間で互いに磁気的に分断されていることを特徴とする光磁気記録媒体。  
 【請求項5】 前記再生層と記録層間に、前記再生層よりキュリー温度が低く、前記中間層のキュリー温度より高い再生補助層が設けられている請求項4記載の光磁気記録媒体。  
 【請求項6】 前記再生補助層が、前記中間層に近づく程キュリー温度が低くなるように膜厚方向にキュリー温度の勾配を有する請求項5記載の光磁気記録媒体。  
 【請求項7】 前記再生補助層が、希土類-鉄族元素非晶質合金からなり、希土類元素副格子磁化優勢な組成である請求項4記載の光磁気記録媒体。  
 【請求項8】 前記再生補助層が、キュリー温度以下に補償温度を有する請求項7記載の光磁気記録媒体。  
 【請求項9】 前記再生層と前記再生補助層は、希土類

-鉄族元素非晶質合金からなり、同じ元素から構成されている請求項5～8のいずれか一項記載の光磁気記録媒体。

【請求項10】 前記再生補助層が、各情報トラック間で互いに磁気的に分離されている請求項5～9のいずれか一項記載の光磁気記録媒体。

【請求項11】 請求項1～10のいずれか一項記載の光磁気記録媒体から記録情報を再生することを特徴とする再生方法。

【請求項12】 光ビームを前記再生層側から照射し、前記媒体と該光ビームを相対的に移動させ、該媒体上に該光ビームのスポットの移動方向に対して勾配を有する温度分布を形成し、該温度分布に対して該再生層に形成された磁壁を移動させ、該光ビームの反射光の変化を検出して記録情報を再生する請求項11記載の再生方法。

【請求項13】 前記温度分布を前記再生補助層のキュリー温度近傍の温度領域を有する温度分布とし、該再生補助層に形成された磁壁を前記再生層と共に移動させる請求項11又は12記載の再生方法。

【請求項14】 前記温度分布を前記中間層のキュリー温度以上の温度領域を有する温度分布とし、該再生層に形成された磁壁を移動させる請求項11又は12記載の再生方法。

【請求項15】 請求項1～10のいずれか一項記載の光磁気記録媒体から記録情報を再生する再生装置において、光ビームを前記再生層側から該媒体に照射させる手段と、該光ビームと該媒体を相対的に移動させる手段と、該光ビームの反射光の変化を検出して記録情報を再生する手段とを有することを特徴とする再生装置。

【請求項16】 前記照射手段と別に設けられた、前記

媒体上に所定の温度分布を形成するための加温手段を有する請求項 1 4 記載の再生装置。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 1 1

【補正方法】変更

【補正内容】

【0 0 1 1】本発明は、磁壁を移動させることにより情報を再生する光磁気記録媒体において、磁性層が記録トラック間で磁氣的に分断されていることを特徴とする光磁気記録媒体である。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 1 2

【補正方法】変更

【補正内容】

【0 0 1 2】さらに本発明は、少なくとも、情報の再生に寄与する再生層と、情報を蓄積する記録層と、前記再生層と記録層の間に配置され、前記両層よりキュリー温度が低い中間層とを備え、前記再生層は各情報トラック間で互いに磁氣的に分断されていることを特徴とする光磁気記録媒体である。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 1 3

【補正方法】変更

【補正内容】

【0 0 1 3】本発明の再生方法は、本発明の光磁気記録媒体から記録情報を再生することを特徴とする再生方法である。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 1 4

【補正方法】変更

【補正内容】

【0 0 1 4】本発明の再生方法においては、光ビームを前記再生層側から照射し、前記媒体と該光ビームを相対的に移動させ、該媒体上に該光ビームのスポットの移動方向に対して勾配を有する温度分布を形成し、該温度分布に対して該再生層に形成された磁壁を移動させ、該光ビームの反射光の変化を検出して記録情報を再生するこ

とが好ましい。

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 1 5

【補正方法】変更

【補正内容】

【0 0 1 5】本発明の再生装置は、本発明の光磁気記録媒体から記録情報を再生する再生装置において、光ビームを前記再生層側から該媒体に照射させる手段と、該光ビームと該媒体を相対的に移動させる手段と、該光ビームの反射光の変化を検出して記録情報を再生する手段とを有することを特徴とする再生装置である。

【手続補正 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 1 7

【補正方法】変更

【補正内容】

【0 0 1 7】図 1 (a) は、本発明の光磁気記録媒体の模式的断面図である。この媒体の磁性層は、再生層である第 1 の磁性層 1 1、中間層である第 2 の磁性層 1 2、記録層である第 3 の磁性層 1 3 が順次積層されてなる。各層中の矢印 1 4 は原子スピンの向きを表している。スピンの向きが相互に逆向きの領域の境界部には磁壁 1 5 が形成されている。また、この記録層の記録信号も下側にグラフとして表わす。

【手続補正 8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 2 7

【補正方法】変更

【補正内容】

【0 0 2 7】以上、第 1 の磁性層～第 3 の磁性層を有する本発明の光磁気記録媒体について説明したが、本発明においては、図 4 に示す様に、再生補助層である第 4 の磁性層 4 4 を第 1 の磁性層 4 1 と第 2 の磁性層 4 2 との間に設けてもよい。この第 4 の磁性層 4 4 は、第 2 の磁性層よりも高く、第 1 の磁性層よりも低いキュリー温度を有し、かつ少なくとも第 2 の磁性層のキュリー温度以上の温度において、第 3 の磁性層に比べて相対的に磁壁抗磁力が小さな垂直磁化膜からなるものである。この第 4 の磁性層は、更に第 1 の磁性層中の磁壁を移動させるのに充分な力を誘発するためのものである。